不同类型的一体化编码对青年人和老年人在联结记忆任务中项目再认的影响*

王宝玺[1] 王雪静[1] 金朝晖[1,2] 程琛[1] 向玲[1]

（1 江西师范大学心理学院 南昌 330022）

(2 新疆生产建设兵团委员会党校 五家渠 831300）

摘要　使用脑电技术探究不同类型的一体化编码对青年人和老年人在联结记忆任务中项目再认的影响及其相关的神经机制。实验 1 使用对认知资源需求较低的复合词操纵自下而上的一体化，实验 2 使用对认知资源需求较高的定义操纵自上而下的一体化。青年人的行为结果发现两种类型一体化编码条件下的联结再认成绩相当，项目再认成绩也无显著差异。脑电结果发现复合词和无关词有相当的额区新/旧效应，但是复合词减少了顶区新/旧效应。定义和造句有相当的顶区新/旧效应，但是定义缺失额区新/旧效应。这些结果说明青年人可以依据较少的神经活动达到相当的项目再认成绩,支持了“只有收益”观点。老年人的结果发现两种类型的一体化编码都能提高联结再认成绩，但对项目再认的影响不同。复合词在促进联结再认成绩时也提高了项目再认成绩，脑电结果显示复合词和无关词有相当的顶区新/旧效应，但仅在复合词下存在额区新/旧效应，显示复合词对项目再认促进可能是源于熟悉性的增加，支持了“只有收益”的观点。定义在促进联结再认成绩时削弱了项目再认成绩，脑电结果显示定义和造句有相当的顶区新/旧效应，而定义缺失额区新/旧效应，显示定义对项目再认的损害可能是源于熟悉性的缺失，支持了“收支平衡”的观点。这些结果表明一体化编码对老年人项目再认的影响是促进还是损害，取决于自下而上和自上而下的一体化编码对于认知资源的需求。

关键词 一体化，项目再认，复合词，定义，记忆老化

分类号 B842

1 引言

收稿日期：2023-4-12

* 国家自然科学基金项目(31560282)、江西省高校人文社会科学研究项目（XL21101）

通讯作者：向玲，E-mail：xiangling1997@126.com

联结记忆损伤假说认为跟青年人相比老年人在联结记忆上表现出明显损伤而在项目记忆上相对保持完好(Naveh-Benjamin, 2000)。联结记忆损伤假说在不同类型的实验材料中得到证实，研究使用词对(Old & Naveh-Benjamin, 2008)、图片对(Guez & Lev, 2016)、面孔和人名配对等材料(Hara & Naveh-Benjamin, 2015)，结果发现老年人在项目记忆上和青年人表现相当，而在联结记忆上比青年人有更差的记忆表现。

双加工理论认为再认包括熟悉性（familiarity）和回想（recollection）过程。脑电研究发现额区新/旧效应（frontal old/new effect）和顶区新/旧效应（parietal old/new effect）分别反映不同的提取过程。额区新/旧效应反映熟悉性过程，出现在再认项目呈现后300～500ms, 学习过的旧项目比没有学习过的新项目诱发更正的波幅，分布在额区中央部位(Rugg & Curran, 2007)。顶区新/旧效应反映回想过程，出现在再认项目呈现后 500～700ms，学习过的旧项目比没有学习过的新项目诱发更正的波幅，分布在左侧顶区部位(Strozak et al., 2016)。老化对熟悉性和回想的影响不同，表现在依赖于海马（hippocampus）的回想受损，而依赖于嗅缘皮质（perihinal cortex）的熟悉性相对保存完好(Angel et al., 2013; Rotello et al., 2004; Yonelinas, 2002)。

传统记忆观点认为项目再认基于熟悉性和回想过程，而联结再认只依赖于回想过程(Donaldson & Rugg, 1998; Yonelinas et al., 2010)。然而当两个项目进行一体化编码后，熟悉性也能够支持联结再认(Liu & Wang, 2020; Nie & Wu, 2023; Quamme et al., 2007；Tu & Diana, 2021; Zhao et al., 2020)。一体化（unitization）是指两个分离的项目被整合成单一整体的心理表征(Graf & Schacter, 1989)。虽然已有研究发现一体化能够帮助老年人利用保存完好的熟悉性提高联结再认成绩(Badham et al., 2012; Bastin et al., 2013)，但是一体化在促进老年人联结记忆时对构成一体化联结的单个项目的记忆起促进还是削弱作用仍然是不清楚的，有待进一步研究。

一体化如何影响联结记忆中的项目记忆，存在“收支平衡”(benefits and cost)和“只有收益”(benefits-only)的观点。“收支平衡”的观点认为一体化编码促进联结记忆是以损害项目记忆为代价的。例如 Ahmad 和 Hockley（2014）使用复合词和非复合词操纵一体化编码水平，其中复合词是利用两个无关词语预先存在的语义联系形成一个新概念实现一体化编码(如,“希腊”-“神话”组成“希腊神话”)。行为结果发现复合词的联结再认成绩显著高于非复合词，而其项目再认成绩显著低于非复合词，支持了“收支平衡”的观点。研

究者认为被试进行一体化编码时需要花费较多的认知资源，从而减少了用于项目编码的认知资源，这可能是导致项目记忆受损的原因(Ahmad & Hockley, 2014；刘泽军 等，2019)。

而更多研究支持了“只有收益”的观点，该观点认为一体化编码是在项目编码的基础上完成的，所以一体化编码促进联结记忆而不损害项目记忆 (Parks & Yonelinas, 2015; Pilgrim et al., 2012)。Parks 和 Yonelinas(2015)通过定义和造句编码探究一体化编码水平对项目记忆的影响。在定义条件下要求被试把无关词对编码为一个新概念进行表征（如“云彩—草地”：“一块凝望天空的场所”）。而在造句条件下要求被试把无关词对依次填到句子的横线空白处组成一个完整的句子（如“云彩—草地”：“______能够从______上看到”。结果发现两种编码条件下的项目再认成绩没有显著差异，说明一体化并没有减少项目再认成绩，支持了“只有收益”的观点。Pilgrim 等人(2012)使用交互表象和项目表象操纵一体化编码水平。在交互表象条件下要求被试把两个项目整合成一个项目进行表征（如把“大象—红色”想象为“一头红色的大象，因为它长时间晒太阳”），而在项目表象条件下分别对两个项目进行表征（如把“大象—红色”想象为“一只大象站在一个红色信号灯的旁边”）。行为结果发现两种一体化条件下的项目再认表现相当，脑电结果发现相对于项目表象条件，交互表象条件减少了额区新/旧效应的强度。虽然研究者一方面认为在交互表象条件下一体化减少了熟悉性在项目再认时的贡献，可能体现的是一体化在编码阶段产生的“代价”，支持了“收支平衡”的观点，但是另一方面也认为被试使用了较少的神经活动达到相当水平的行为表现，体现的是一种促进作用，支持“只有收益”的观点(Pilgrim et al., 2012)。Liu 和 Wu 等人(2020)的一项研究操纵了复合词和无关词探究一体化对项目再认的影响。行为结果发现两种一体化条件有相当水平的项目再认成绩，但是脑电结果发现相对于无关词条件，复合词条件下减少了顶区新/旧效应，而两种一体化条件有相当的额区新/旧效应。他们的研究发现一体化减少了反映回想的顶区新/旧效应，但是没有减少项目再认成绩。这与 Pilgrim 等人(2012)研究相似，说明通过较少的神经活动达到相当水平的行为表现，支持了“只有收益”的观点(Liu & Wu, 2020)。

已有研究主要探讨了一体化编码对青年人联结记忆任务中项目再认的影响(Liu & Guo，2021; Pilgrim et al., 2012; Parks & Yonelinas, 2015)，大多数结果支持了“只有收益”的观点。不管是定义一体化(Parks & Yonelinas, 2015)还是复合词一体化(刘泽军，郭春彦，2022；Liu & Wang., 2020)都能促进联结记忆成绩且没有损伤项目记忆，脑电结果显示只需要较少的神

经活动来达到相当的行为成绩。因此在青年人中一体化联结编码与项目编码之间可能不是此消彼长的权衡关系，更多的是相辅相成、互相促进的关系(赵春宇，郭春彦，2023)。

“收支平衡”观点和“只有收益”观点从本质上来说，两者都可以从认知资源的角度进行整合，都是在探讨认知资源是如何在联结编码与项目编码之间进行分配的(刘泽军，刘伟，2022；赵春宇，郭春彦，2023)。Tibon 等人(2017)也提出不同类型的一体化编码在认知资源需求上的差异对项目编码有不同的影响。自下而上的一体化利用材料本身固有的内在联系实现一体化表征，占用较少的认知资源，剩余较多的认知资源用于项目编码，因此在促进联结记忆时也促进了项目记忆，表现出“只有收益”。与此相反，自上而下的一体化需要个体借助于外部指导语实现一体化表征，占用较多的认知资源，剩余较少的认知资源用于项目编码，因此在促进联结记忆时会损害项目记忆，表现出“收支平衡”(Tibon et al., 2014; Tibon et al., 2017)。

对于青年人来说，他们的认知资源比较充足，不管使用哪种类型的一体化编码，可能都不影响项目记忆。但是对于老年人来说，他们的认知资源减少(Kim & Giovanello, 2011; Wong et al., 2021)，一体化编码和项目编码之间的资源分配的权衡就会凸显出来。目前还未有研究探究一体化联结编码对老年人项目再认的影响。我们认为认知资源的下降会加剧老年人在一体化编码和项目编码之间的认知资源的竞争和分配，一体化编码是否会影响老年人的项目记忆取决于不同类型的一体化编码对认知资源的需求情况。

本研究采用脑电技术设置两个实验分别探讨不同类型的一体化编码对青年人和老年人项目记忆的影响。实验 1 使用对认知资源需求较低的复合词操纵自下而上的一体化，实验 2 使用对认知资源需求较高的定义操纵自上而下的一体化。我们认为由于青年人有较多的认知资源，无论是自上而下一体化还是自下而上一体化，在提高联结记忆的同时不会损害项目记忆，支持“只有收益”的观点。而老年人的认知资源较少，可能表现出不同的模式：在自下而上的一体化编码条件下（实验 1），老年人剩余较多的认知资源用于项目编码中，因此预测一体化编码不仅提高老年人联结再认成绩而且提高项目再认成绩，支持“只有收益”的观点；而在自上而下的一体化编码条件下（实验 2），老年人剩余较少的认知资源用于项目编码，因此预测一体化编码在提高联结再认成绩时会损害项目再认成绩，支持“收支平衡”的观点。同时通过额区新/旧效应和顶区新/旧效应，探究一体化编码对项目再认的影响是基于熟悉性还是回想过程。

2 实验一：自下而上一体化编码对青年人和老年人联结记忆任务中项目再认的影响

2.1 方法

2.1.1 实验设计

采用 2（年龄：青年、老年）×2（编码条件：复合词、无关词）×2（项目类型：旧的、新的）的混合设计，其中编码条件和项目类型为被试内变量。行为指标上项目记忆以击中率、辨别力、判断标准和反应时为因变量，联结记忆以击中率、虚报率、辨别力为因变量。脑电指标以额区新/旧效应和顶区新/旧效应为因变量。

2.1.2 被试

采用 G power3.1(Faul et al., 2007)计算得到检验交互作用所需样本量至少为 34（置信水平为 0.05，统计检验力为 0.8，中等效应量为 0.25）。实验一共招募 42 名被试，其中青年被试来自某高校大学生 23 名（12 名男性，11 名女性），平均年龄为 19.43±1.16 岁，受教育年限为 12.52±0.52 年。老年被试来自社区 19 名（7 名男性，12 名女性），平均年龄为 68.47±5.13 岁，受教育年限为 12.26±2.28 年，简明智能量表得分(mini-mental State Examination，MMSE)≥26。被试均为右利手，视力或者矫正视力正常，在实验前签订知情同意书，完成实验后获得适当报酬。本研究通过了江西师范大学心理学院伦理委员会的审核。

2.1.3 实验材料

经语义相关程度 4 点评分后选取 160 个词对作为实验材料，其中正式实验材料包括 72 个复合词对（“希腊-神话”）和 72 个无关词对（“篮球-蚯蚓”）(Shao et al., 2016; Zheng et al., 2015)。实验包括练习程序和正式程序，其中正式实验程序包括 4 个组块，每个组块有学习阶段、分心阶段和测试阶段。学习阶段包括 18 个复合词对和 18 个无关词对。测试阶段先进行项目再认再进行联结再认。测试阶段把每种编码条件下的 8 个词对用于项目再认，10 个词对用于联结再认。项目再认共有 48 个单词，其中包括复合词条件下学习过的 16 个旧词、无关词条件下学习过的 16 个旧词和没有学习过的 16 个新词。联结再认包括每种条件 5 个旧词对和 5 个重组词对。“旧词对”与学习阶段的词对完全相同。“重组”是把学习过词对拆开后随机搭配。

2.1.4 实验程序

使用 E-prime2.0 软件呈现刺激，被试距离显示器约 60cm。在学习阶段要求被试对词对有意识记。首先呈现注视点“+”500~800ms，接着呈现词对 5000ms，最后呈现空屏 1000ms。分心阶段要求被试从 200 开始连续减 3 并出声报告结果，持续约 3 分钟。项目再认要求被试分别按“d”键和“k”键进行“旧的”和“新的”判断。联结再认要求被试分别按“d”键和“k”键进行“旧的”和“重组”判断。两种再认测试的刺激流程是：呈现注视点“+”800ms，接着呈现单词或者词对 2500ms，最后呈现空屏 1000ms。先进行练习程序，当被试熟悉流程后开始正式实验。正式实验流程见图 1。

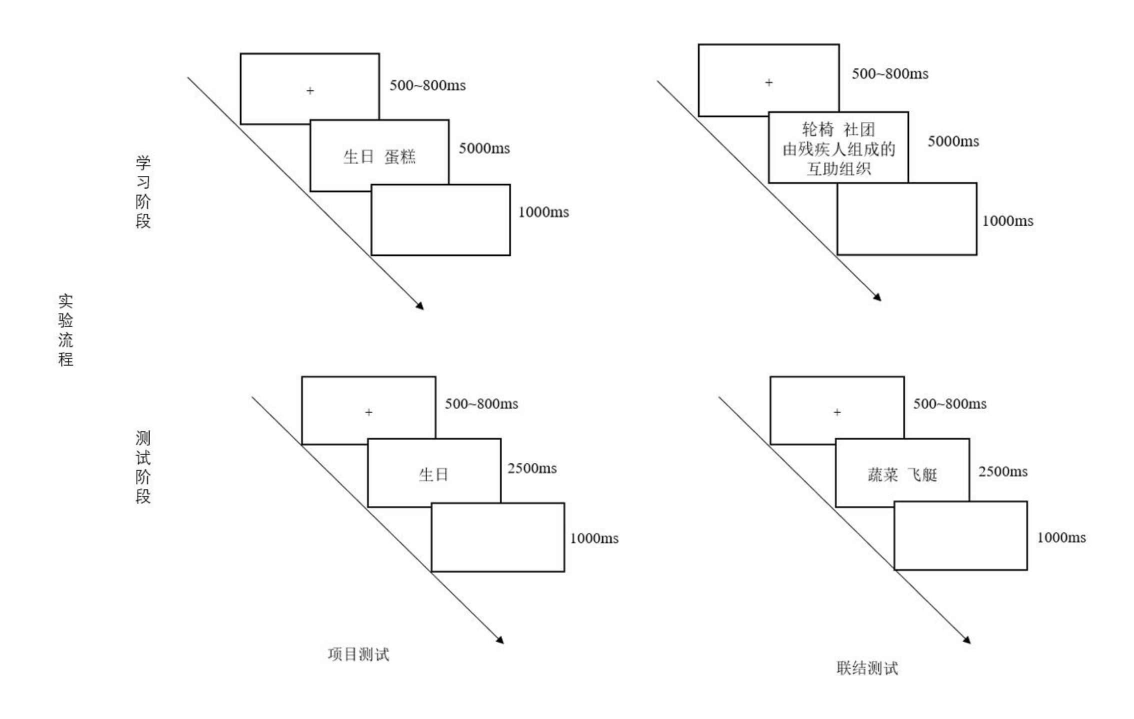


图 1 实验一、二流程示意图

2.1.5 脑电数据采集与分析

在项目再认阶段，采用 Neuro-scan 系统记录 EEG 数据，并用国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽设置电极点。采集数据时以左侧乳突作为参考电极，离线分析时再以右乳突的记录电极进行重新参考, 即从各导联信号中减去右侧乳突记录电极信号的 1/2。水平眼电放置在双眼外侧（HEOG）, 垂直眼电（VEOG）放置在左眼上下，滤波带通为 0.01~100Hz, 采样频率为 1000Hz, 头皮和电极之间的阻抗小于 5kΩ。

离线分析 EEG 数据时，进行 0.01Hz 高通、30Hz 低通数字滤波器处理，眨眼伪迹进行回归校正(Semlitsch et al., 1986)。分别对“旧的”和“新的”单词做出正确判断的试次进行叠加平均。实验一中老年人在每种条件的平均叠加次数分别为 41（无关词）、49（复合词）、45（新词），青年人在每种条件的平均叠加次数分别为 47（无关词）、52（复合词）、51

（新词）。实验二中老年人在每种条件的平均叠加次数分别为 40（造句旧词）、54（造句新词）、46（定义旧词）、51（定义新词），青年人在每种条件的平均叠加次数分别为 41（造句旧词）、55（造句新词）、52（定义旧词）、55（定义新词）。分析时间窗口为再认刺激出现后 800ms, 基线为刺激呈现前的 200ms。剔除波幅±100μV 之外的试次。根据对波形图观察和已有研究额区新/旧效应选取电极点（F1，F2，F3，F4），测量 300-500ms 的平均波幅。顶区新/旧效应选取电极点（P1，P2，P3，P4），测量 500-700ms 的平均波幅(Wang et al., 2012; Zheng et al., 2015)。

2.2 结果

2.2.1 项目再认

青年人和老年人项目再认的击中率、辨别力（d'）和判断标准（β）和反应时（RT）见表 1。分别以击中率、辨别力、判断标准和反应时为因变量，进行 2（年龄：青年、老年）×2（编码条件：复合词、无关词）重复测量方差分析。

表 1 青年人和老年人项目再认的击中率、d'、β 和 RT，Mean（SD）

	老年人			青年人		
	复合词	无关词	新词	复合词	无关词	新词
击中率	0.77(0.13)	0.71(0.12)	0.68(0.13)	0.82(0.13)	0.82(0.16)	0.78(0.07）
d'	1.38(0.34)	1.17(0.34)		1.88(0.53)	1.98(0.74)	
β	0.95(0.38)	1.05(0.39)		0.98(0.30)	0.94(0.36)	
RT	995(165)	1006(219)	1221(205)	885(98)	858(100)	1063(144)

在击中率上，青年人比老年人有更高的击中率(F(1, 40) = 4.08， p = 0.05， η_p^2 = 0.09)，编码条件的主效应不显著(F(1, 40) = 2.74, p = 0.11)。编码条件和年龄的交互作用显著(F(1, 40) = 4.56， p = 0.04，η_p^2 = 0.10)。对交互作用进行简单效应分析表明青年人在两种编码条件上不存在显著差异(p = 0.72），老年人在复合词条件上的表现显著好于无关词条件（p = 0.01）。

在辨别力上，青年人比老年人有更高的辨别力(F(1, 40) = 19.28， p < 0.001，η_p^2 = 0.33)，编码条件的主效应不显著(F(1, 40) = 0.63， p = 0.43)。编码条件和年龄的交互作用显著(F(1, 40) = 5.24， p = 0.03， η_p^2 = 0.12)。对交互作用进行简单效应分析表明青年人在两种编码条件上不存在显著差异(p = 0.27)，老年人在复合词条件上的表现显著好于无关词条件(p = 0.04)，说明自下而上一体化编码提高了老年人的项目记忆成绩。

在判断标准上，年龄和编码条件的主效应都不显著(年龄：F(1, 40) = 0.15， p = 0.70；编码条件：F(1, 40) = 0.86， p = 0.36)，年龄和编码条件交互作用边缘显著，F(1, 40) = 4.27，

p = 0.05， η_p^2 = 0.10。对其进行简单效应分析表明青年人在两种编码条件下的判断标准无显著差异(p = 0.40)，老年人在复合词条件下在边缘水平上大于无关词条件(p = 0.05)，说明老年人在复合词条件下的判断标准比无关词条件更宽松。

在反应时上，老年人的反应时显著长于青年人(F(1, 40) = 8.21, p = 0.007， η_p^2 = 0.17)。编码条件的主效应及其编码条件和年龄的交互作用均不显著(编码条件：F(1, 40) = 0.58， p = 0.45；交互作用：F(1, 40) = 2.90， p = 0.10)。

2.2.2 联结再认

青年人和老年人联结再认的击中率、虚报率和辨别力（d’）见表 2。分别以击中率、虚报率和辨别力（d’）为因变量，进行 2（年龄：青年、老年）×2（编码条件：复合词、无关词）重复测量方差分析。

表 2 青年人和老年人在复合词和无关词下联结再认的击中率、虚报率和 d’，Mean（SD）

	老年人		青年人	
	复合词	无关词	复合词	无关词
击中率	0.79(0.07)	0.75(0.15)	0.74(0.09)	0.69(0.16)
虚报率	0.45(0.17)	0.59(0.21)	0.24(0.09)	0.16(0.10)
d’	0.98(0.08)	0.52(0.15)	1.40(0.07)	1.65(0.14)

在击中率上，编码条件的主效应显著(F(1, 40) = 5.75， p = 0.02， η_p^2 = 0.13)，复合词条件下的击中率显著大于无关词条件。年龄的主效应以及年龄和编码条件的交互作用不显著(年龄：F(1, 40) = 2.48, p = 0.12；交互作用：F(1, 40) = 0.04， p = 0.85)。

在虚报率上，年龄的主效应显著(F(1, 40) = 70.31，p ＜ 0.001， η_p^2 = 0.64)，老年人的虚报率比青年人更高。编码条件的主效应不显著(F(1, 40) = 1.41， p = 0.24)。年龄和编码条件的交互作用显著(F(1, 40) = 18.64， p ＜ 0.001， η_p^2 = 0.32)。对交互作用进行简单效应分析发现：青年人在复合词条件下的虚报率显著大于无关词条件(p = 0.03)，老年人在复合词条件下的虚报率显著小于无关词(p = 0.001)。

在辨别力上，结果发现年龄的主效应显著，F(1, 40) = 42.87， p < 0.001， η_p^2 = 0.52。年龄和编码条件的交互作用显著，F(1, 40) = 10.28， p = 0.003， η_p^2 = 0.20，对交互作用进行简单效应分析发现，青年人在两种编码条件下的联结再认无显著差异(p = 0.11)，老年人在复合词条件下的联结再认成绩显著大于无关词条件(p = 0.007)，表明自下而上一体化提高了老年人的联结再认成绩而不影响青年人联结再认成绩。

行为结果发现青年人在复合词和无关词条件下的联结再认成绩没有差异，且在两种编码条件下的项目再认成绩相当，说明自下而上的一体化编码没有影响青年人项目再认成绩。

老年人在复合词条件下的联结再认成绩显著高于无关词条件，并且项目再认成绩上也表现出促进作用，表明自下而上的一体化既提高了老年人的联结再认又提高了项目再认成绩。

2.2.3 脑电结果

青年人和老年人在不同编码条件下的额区（F1、F2、F3、F4）和顶区（P1、P2、P3、P4）电极点诱发的平均波幅分别见图2和3。由于新词无法区分出复合词和无关词条件，因此在额区新/旧效应（300～500ms）和顶区新/旧效应（500～700ms）上，分别对青年人和老年人在复合词和无关词条件进行 2（项目类型：旧的、新的）×4（电极点：额区（F1、F2、F3、F4）或顶区（P1、P2、P3、P4））重复测量方差分析。

（1）额区新/旧效应（300～500ms）

对青年人在复合词和无关词条件下的额区新/旧效应分别进行方差分析，结果显示在复合词条件下：项目类型的主效应显著，$F(1, 22) = 34.954, p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.61$，"旧的"平均波幅显著大于"新的"。电极点的主效应显著，$F(3, 20) = 16.702$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.72$。项目类型与电极点的交互作用不显著，$F(3, 20) = 1.91$，$p = 0.06$。结果表明青年人在复合词条件下存在额区新/旧效应；在无关词条件下：项目类型的主效应显著，$F(1, 22) = 14.363$，$p = 0.001$，$\eta_p^2 = 0.40$，"旧的"平均波幅显著大于"新的"，表明青年人在无关词条件下存在额区新/旧效应。电极点主效应显著，$F(3, 20) = 4.378$，$p = 0.007$，$\eta_p^2 = 0.17$。项目类型与电极点的交互作用不显著，$F(3, 20) = 2.09$，$p = 0.11$。这些结果说明青年人在两种编码条件下都存在额区新/旧效应。进一步对新/旧效应强度（"旧的"减去"新的"平均波幅）进行 2（编码条件：复合词、无关词）×4（电极点：F1、F2、F3、F4）重复测量方差分析，结果发现编码条件的主效应不显著, $F(1, 22) = 0.21$，$p = 0.65$；电极点的主效应显著，$F(3, 20) = 2.97$，$p = 0.04$，$\eta_p^2 = 0.12$；编码条件和电极点的交互作用不显著，$F(3, 20) = 0.11$，$p = 0.96$。这些结果表明青年人在复合词和无关词条件都存在额区新/旧效应，且额区新/旧效应强度没有显著差异。

对老年人在复合词和无关词条件下的额区新/旧效应分别进行方差分析，结果显示在复合词条件下：项目类型的主效应显著，$F(1, 18) = 5.21$，$p = 0.04$，$\eta_p^2 = 0.22$。电极点的主效应不显著，$F(3, 16) = 2.39$，$p = 0.08$。项目类型和电极点的交互作用不显著，$F(3, 16) = 1.91$，$p = 0.14$。这些结果说明老年人在复合词条件下"旧的"平均波幅显著大于"新的"，存在额区新/旧效应；在无关词条件下：项目类型的主效应不显著，$F(1, 18) = 0.26$，$p = 0.62$。电极点的主效应显著，$F(3, 16) = 3.66$，$p = 0.02$。项目类型和电极点的交互作用显著，$F(3,$

16) = 6.90， p = 0.001， η_p^2 = 0.28。对项目类型和电极点交互作用进行简单效应分析，结果发现在所有电极点（F1、F2、F3、F4）上旧词与新词平均波幅没有显著差异(ps ＞ 0.19)，表明老年人在无关词条件下不存在额区新/旧效应。这些结果表明老年人仅在复合词条件下存在额区新/旧效应。

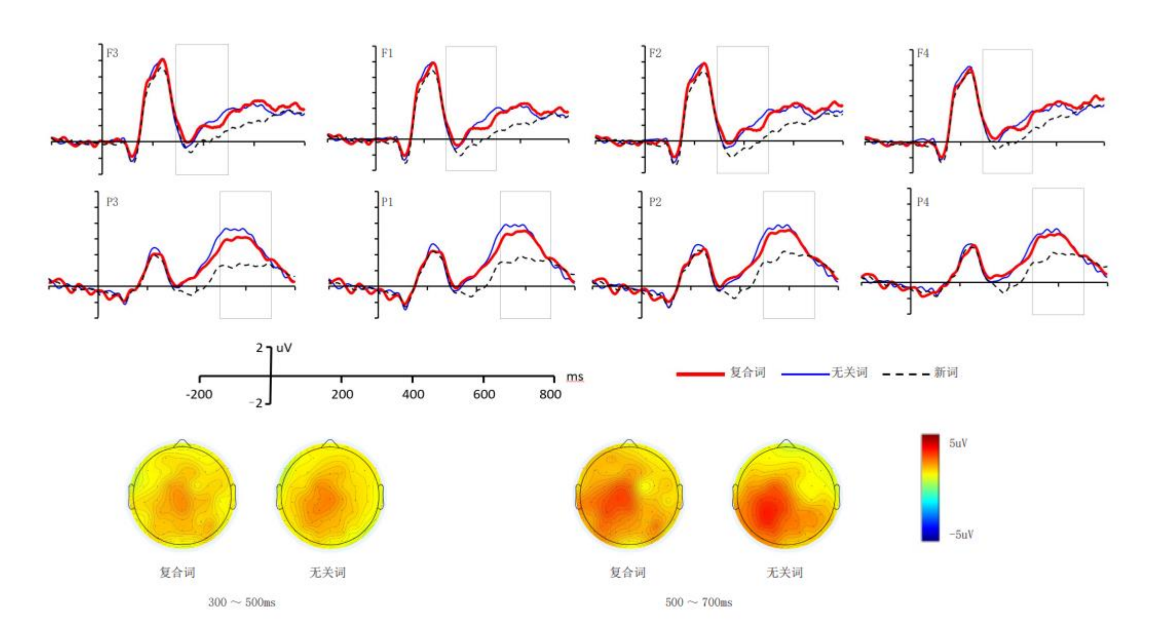


图 2 青年人在复合词和无关词条件下的额区和顶区新/旧效应及地形图

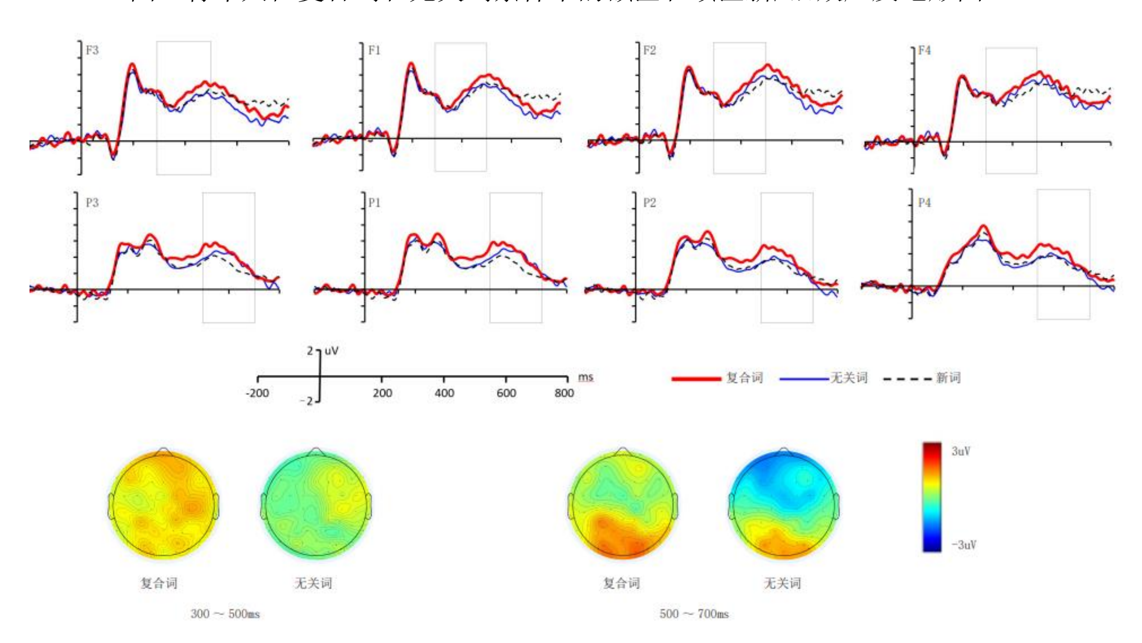


图 3 老年人在复合词和无关词条件下的额区和顶区新/旧效应及地形图

（2）顶区新/旧效应（500~700ms）

对青年人在复合词条件和无关词条件下的顶区新/旧效应分别进行方差分析，结果显示在复合词条件下：项目类型的主效应显著，F(1, 22) = 23.32， p ＜ 0.001， η_p^2 = 0.52， “旧

的”平均波幅显著大于“新的”。电极点的主效应不显著，$F(3, 20) = 2.65$， $p = 0.06$， $\eta_p^2 = 0.45$。项目类型和电极点的交互作用不显著，$F(3, 20) = 1.22$， $p = 0.21$，表明青年人在复合词条件下存在顶区新/旧效应；在无关词条件下：项目类型的主效应显著，$F(1, 22) = 62.88$， $p < 0.001$， $\eta_p^2 = 0.74$，“旧的”平均波幅显著大于“新的”。电极点主效应不显著，$F(3, 20) = 2.23$， $p = 0.09$。项目类型和电极点的交互作用显著，$F(3, 20) = 3.42$， $p = 0.02$， $\eta_p^2 = 0.14$。对项目类型和电极点的交互作用进行简单效应分析，结果发现，在 P1、P2、P3、P4 电极点上“旧的”平均波幅显著大于“新的”($ps < 0.001$)，表明青年人在无关词条件下存在顶区新/旧效应。这些结果表明青年人在复合词和无关词条件下都存在顶区新/旧效应。进一步对新/旧效应强度（“旧的”减去“新的”平均波幅）进行 2（编码条件：复合词、无关词）×4（电极点：P1、P2、P3、P4）重复测量方差分析，结果显示编码条件的主效应显著，$F(1, 40) = 5.645$， $p = 0.03$， $\eta_p^2 = 0.20$，复合词条件下的顶区新/旧效应强度显著小于无关词。编码条件和电极点的交互作用不显著，$F(3, 66) = 0.88$， $p = 0.46$。这些结果表明，青年人在复合词和无关词条件下的项目再认都存在顶区新/旧效应，并且复合词条件下的顶区新/旧效应强度小于无关词条件。

对老年人在复合词和无关词条件下的顶区新/旧效应分别进行方差分析，结果显示在复合词条件下：项目类型的主效应显著，$F(1, 18) = 5.59$， $p = 0.009$， $\eta_p^2 = 0.32$，“旧的”平均波幅显著大于“新的”。电极点的主效应不显著，$F(3, 16) = 1.41$， $p = 0.25$。项目类型与电极点的交互作用不显著，$F(3, 16) = 2.23$， $p = 0.10$，表明老年人在复合词条件下存在顶区新/旧效应；在无关词条件下：项目类型的主效应不显著，$F(1, 18) = 2.61$， $p = 0.12$。电极点的主效应不显著，$F(3, 16) = 2.69$， $p = 0.06$。项目类型和电极点的交互作用显著，$F(3, 16) = 6.67$， $p = 0.01$， $\eta_p^2 = 0.27$。对项目类型和电极点的交互作用进行简单效应分析，结果显示在 P1 电极点上，“旧的”平均波幅显著大于“新的”($p = 0.008$)，表明老年人在无关词条件下存在顶区新/旧效应。这些结果表明，老年人在复合词条件下存在双侧顶区新/旧效应，而无关词条件下只存在左侧顶区新/旧效应。进一步对新/旧效应强度（“旧的”减去“新的”平均波幅）进行 2（编码条件：复合词、无关词）×4（电极点：P1、P2、P3、P4）重复测量方差分析，结果发现编码条件的主效应不显著，$F(1, 18) = 2.81$， $p = 0.11$。电极点的主效应显著，$F(3, 16) = 6.23$， $p = 0.001$， $\eta_p^2 = 0.26$。编码条件和电极点的交互作用不显著，$F(3, 16) = 1.99$， $p = 0.13$，结果表明老年人在复合词和无关词条件下的顶区新/旧效应强度没有显著差异。

脑电结果发现青年人在复合词和无关词条件下都存在额区和顶区新/旧效应，两种编码条件下的额区新/旧效应强度没有显著差异，而在复合词条件下的顶区新/旧效应强度小于无关词条件，这提示复合词条件下的项目再认减少了基于回想的神经活动水平。老年人在复合词条件下存在额区新/旧效应和双侧顶区新/旧效应，但是在无关词条件下只存在左侧顶区新/旧效应，这提示复合词条件下的项目再认时增加了基于熟悉性的神经活动水平。

2.3 讨论

青年人在两种编码条件下的联结再认成绩相当，而且项目再认成绩也相当。在脑电指标上两种编码条件下额区新/旧效应强度无差异，但是在顶区新/旧效应强度上复合词条件小于无关词条件，这表明自下而上的一体化减少了项目再认时基于回想的神经活动水平，这种使用较少的神经活动达到相当水平的行为成绩，支持“只有收益”的观点(Liu & Wu, 2020; Pilgrim et al., 2012)。老年人在复合词条件下的联结再认显著好于无关词条件，在项目再认上也表现出促进作用。在脑电指标上复合词条件下既有额区新/旧效应又有双侧顶区新/旧效应，但是在无关词条件下只有左侧顶区新/旧效应，这表明自下而上的一体化既依赖于熟悉性又依赖回想的加工过程，支持了“只有收益”观点。

实验 1 考察了复合词对项目再认及其相关脑电成分的影响。复合词是一种自下而上的一体化，占用较少的认知资源，这可能是老年人和青年人都支持“只有收益”的原因。定义作为一种自上而下的一体化，需要借助于外部指导语实现一体化表征，占用较多的认知资源(Tibon et al., 2017)，可能导致用于项目编码的剩余认知资源在老年人和青年人表现不同。我们推测在自上而下一体化编码条件下，由于青年人的认知资源充足，剩余较多的资源用于项目编码，所以不会损害项目记忆。而老年人的认知资源不足(Castel & Craik, 2003; Craik, 1983; Park et al., 2002)，剩余较少的认知资源用于项目编码，从而损害项目记忆。实验 2 进一步操纵需要认知资源较多的定义一体化，检验这种自上而下的一体化对青年人和老年人联结记忆中项目再认的影响。

3 实验二：自上而下一体化编码对青年人和老年人联结记忆中项目再认的影响

3.1 方法

3.1.1 实验设计

采用 2（年龄：青年、老年）×2（编码条件：定义、造句）×2（项目类型：旧的、新的）的混合设计。编码条件和项目类型为被试内变量。行为指标上项目记忆以击中率、

辨别力、判断标准和反应时为因变量，联结记忆以击中率、虚报率、辨别力为因变量。脑电指标以额区新/旧效应和顶区新/旧效应为因变量。

3.1.2 被试

采用 G power3.1(Faul et al.，2007)计算得到检验交互作用所需样本量至少为 34（置信水平为 0.05，统计检验力为 0.8，中等效应量为 0.25）。实验二招募 39 名被试，其中青年被试来自某高校的大学生 19 名（男性 7 名，12 名女性），年龄为 19.68±1.67 岁，受教育程度为 12.21±0.42 年。老年被试来自社区 20 名（8 名男性，12 名女性），平均年龄为 68.51±5.32 岁，受教育程度为 12.20±2.35，MMSE≥26。所有被试均为右利手，视力或者矫正视力正常。

3.1.3 实验材料

除练习刺激外，正式实验材料包括 144 无关词对，其中 72 个用于定义编码，72 个用于造句编码(王宝玺， 2014)。每种编码条件各有 2 个组块，其先后顺序在被试间平衡。每个组块包括学习阶段、分心阶段和测试阶段。测试阶段先进行项目再认再进行联结再认。学习阶段有 36 个词对，其中 16 个词对用于项目再认，20 个词对用于联结再认。项目再认共有 64 个单词，其中学习过 32 个单词作为旧词，新增没有学习过的 32 个单词作为新词。联结再认包括 10 个旧词对和 10 个重组词对。

除实验材料之外，脑电数据采集和分析参数与实验一相同，实验程序见图 1。

3.2 结果

3.2.1 项目再认

青年人和老年人在项目再认中的击中率、虚报率、辨别力（d’）、判断标准（β）和反应时（RT）见表 3。分别以击中率、虚报率、辨别力和判断标准为因变量进行 2（年龄：青年、老年）×2（编码条件：定义、造句）重复测量方差分析。

表 3 青年人和老年人在项目再认中的击中率、虚报率、d’、β和 RT，Mean（SD）

	老年人		青年人	
	定义	造句	定义	造句
击中率	0.71(0.14)	0.72(0.14)	0.81(0.10)	0.76(0.09)
虚报率	0.20(0.12)	0.15(0.10)	0.15(0.08)	0.14(0.06)
d’	1.55(0.36)	1.76(0.35)	2.06(0.70)	1.87(0.38)
β	1.64(1.25)	2.39(3.14)	1.27(0.50)	1.53(0.69)
RT-旧的	1023(187)	1030(208)	840(106)	866(122)
RT-新的	1129(186)	1117(180)	901(140)	889(140)

在击中率上，青年人比老年人有更高的击中率，$F(1, 37) = 4.03$，$p = 0.05$，$\eta_p^2 = 0.10$，编码条件的主效应及编码条件和年龄的交互作用均不显著(编码条件：$F(1, 37) = 2.08$，$p = 0.16$；交互作用：$F(1, 37) = 2.29$, $p = 0.14$)。在虚报率上，定义条件下的虚报率高于造句条件，$F(1, 37) = 6.70$，$p = 0.01$，$\eta_p^2 = 0.15$。年龄和编码条件的交互作用显著，$F(1, 37) = 4.36$，$p = 0.04$，$\eta_p^2 = 0.11$，对其进行简单效应分析发现，青年人在两种编码条件下的虚报率无显著差异($p = 0.73$), 老年人在定义条件下的虚报率显著大于造句($p = 0.002$)，表明老年人在定义条件下把新词更多的判断为旧词。

在辨别力上，青年人比老年人有更高辨别力，$F(1, 37) = 5.57$，$p = 0.02$，$\eta_p^2 = 0.13$；编码条件与年龄的交互作用显著，$F(1, 37) = 7.60$，$p = 0.009$，$\eta_p^2 = 0.17$。对其进行简单效应分析表明，青年人的辨别力在两种编码条件上无显著差异($p = 0.08$)，老年人在定义条件下的辨别力显著低于造句条件($p = 0.04$)，说明自上而下一体化条件损害了老年人的项目记忆，而不影响青年人的项目记忆。在判断标准上，编码条件和年龄的主效应及其交互作用都不显著(编码条件：$F(1, 37) = 2.73$, $p = 0.11$；年龄：$F(1, 37) = 1.69$，$p = 0.20$；交互作用：F（1, 37）= 0.64, $p = 0.43$)，说明青年人和老年人在两种编码条件下的判断标准无显著差异。

在反应时上，结果发现：旧的项目比新的项目反应更快，$F(1, 37) = 5.57$，$p = 0.001$，$\eta_p^2 = 0.24$；老年人的反应慢于青年人，$F(1, 37) = 19.46$，$p = 0.001$，$\eta_p^2 = 0.35$；其他主效应和交互作用均不显著($ps > 0.15$)。

3.2.2 联结再认

青年人和老年人在联结再认中的击中率、虚报率和辨别力(d’)见表 4。分别以击中率、虚报率和辨别力为因变量进行 2（年龄：青年、老年）×2（编码条件：定义、造句）重复测量方差分析。

在击中率上，年龄的主效应边缘显著，$F(1, 37) = 3.40$，$p = 0.05$，$\eta_p^2 = 0.10$。编码条件以及编码条件和年龄的交互作用不显著(编码条件：$F(1, 37) = 3.27$，$p = 0.08$；交互作用：$F(1, 37) = 3.10$，$p = 0.09$)。在虚报率上，老年人的虚报率显著高于青年人，$F(1, 37) = 72.44$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.66$。编码条件的主效应及两者的交互作用不显著(编码条件：$F(1, 37) = 0.16$，$p = 0.68$；交互作用：$F(1, 37) = 1.74$，$p = 0.20$)。

在辨别力上，年龄的主效应显著，$F(1, 37) = 42.87$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.60$；年龄和编码条件的交互作用显著，$F(1, 37) = 5.19$，$p = 0.03$，$\eta_p^2 = 0.12$。对年龄和编码条件的交互作用进行简单效应分析发现，青年人在两种编码条件下的联结再认成绩无显著差异($p = 0.52$)，

老年人在定义条件下的联结再认成绩显著大于造句条件(p = 0.01)，说明自上而下一体化促进了老年人的联结记忆而不影响青年人的联结记忆。

表 4 青年人和老年人在定义和造句下联结再认的击中率、虚报率和 d’，Mean（SD）

	老年人		青年人	
	定义	造句	定义	造句
击中率	0.77(0.14)	0.67(0.22)	0.81(0.16)	0.81(0.14)
虚报率	0.53(0.13)	0.57(0.21)	0.20(0.13)	0.17(0.14)
d’	0.75(0.53)	0.26(0.77)	2.17(0.96)	2.04(0.84)

行为结果表明青年人无论是在项目再认还是在联结再认上定义和造句条件无显著差异。老年人在联结再认成绩上定义显著高于造句条件，而在项目再认成绩上定义显著低于造句条件，表明自上而下的一体化编码提高了老年人的联结再认而损害了项目再认。

3.2.3 脑电结果

青年人和老年人在不同编码条件下的额区（F1、F2、F3、F4）和顶区（P1、P2、P3、P4）电极点诱发的平均波幅分别见图 4 和 5。本研究重点关注每个年龄组在额区新/旧效应和顶区新/旧效应上两种编码条件下的表现差异。基于已有研究（Zheng et al., 2015; Zheng et al., 2016），在额区新/旧效应（300～500ms）和顶区新/旧效应（500～700ms）上，分别对青年人和老年人进行 2（编码条件：定义、造句）×2（项目类型：旧的、新的）×4（电极点：额区（F1、F2、F3、F4）或顶区（P1、P2、P3、P4））进行重复测量方差分析。

（1）额区新/旧效应（300～500ms）

对青年人在定义和造句条件下的额区新/旧效应进行方差分析，结果发现：项目类型的主效应显著，$F(1, 18) = 16.96$，$p = 0.001$，$\eta_p^2 = 0.49$；电极点的主效应显著，$F(3, 16) = 3.8$，$p = 0.02$，$\eta_p^2 = 0.17$；编码条件和项目类型的交互作用显著，$F(1, 18) = 5.09$，$p = 0.04$，$\eta_p^2 = 0.22$；编码条件、项目类型和电极点的交互作用不显著，$F(3, 16) = 0.95$，$p = 0.42$。对编码条件和项目类型的交互作用进行简单效应分析表明：在定义条件下“旧的”和“新的”平均波幅无显著差异($p = 0.26$)；在造句条件下“旧的”平均波幅显著大于“新的”($p = 0.001$)，表明青年人仅在造句条件下存在额区新/旧效应。

对老年人在定义和造句条件下的额区新/旧效应进行方差分析，结果发现：项目类型的主效应显著，$F(1, 19) = 18.42$，$p < 0.001$，$\eta_p^2 = 0.49$；项目类型和编码条件的交互作用显著，$F(1, 19) = 6.38$，$p = 0.02$，$\eta_p^2 = 0.25$；项目类型、编码条件和电极点的交互作用不显著，$F(3, 17) = 0.43$，$p = 0.73$。对编码条件和项目类型的交互作用进行简单效应分析表明：在定义条件下“旧的”和“新的”平均波幅无显著差异($p = 0.18$)；在造句条件下“旧的”

平均波幅显著大于“新的”($p < 0.001$)，表明老年人仅在造句条件下存在额区新/旧效应。这些结果说明青年人和老年人只在造句条件下存在额区新/旧效应。

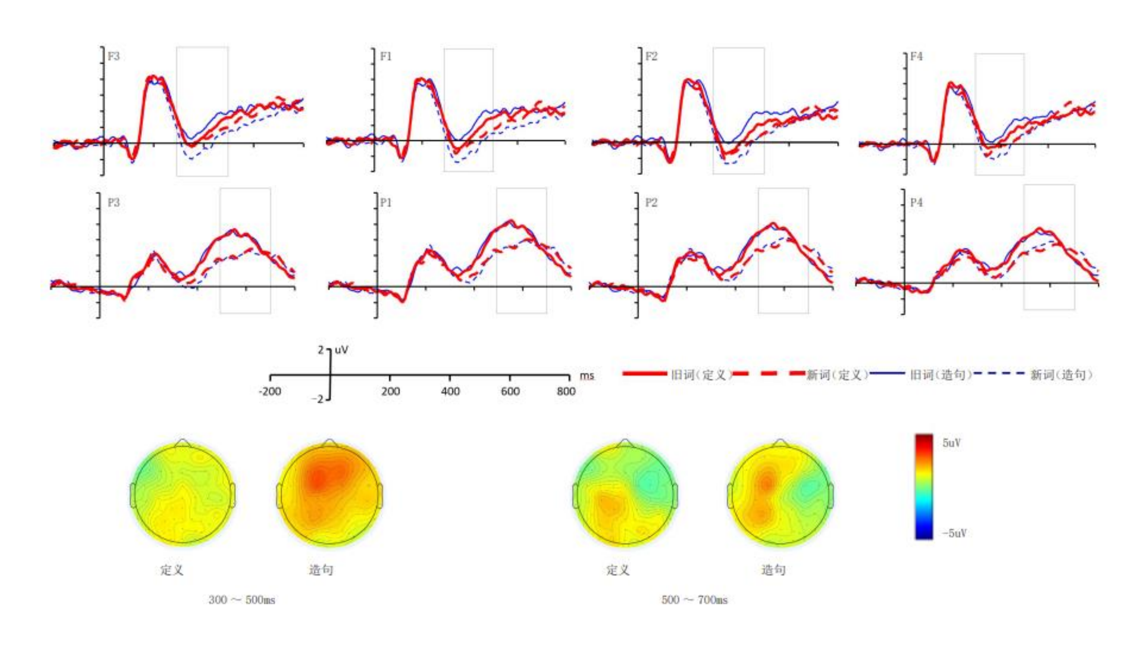


图 4 青年人在定义和造句条件下的额区和顶区新/旧效应及地形图

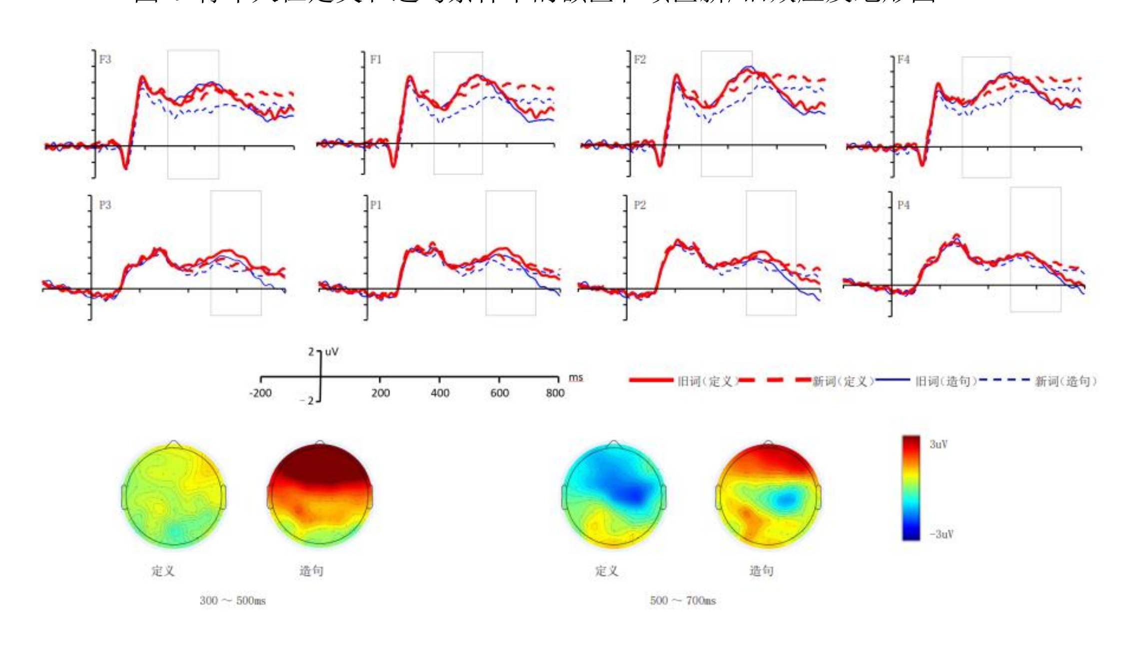


图 5 老年人在定义和造句条件下的额区和顶区新/旧效应及地形图

（2）顶区新/旧效应（500~700ms）

对青年人在定义和造句条件下的顶区新/旧效应进行方差分析，结果发现：电极点的主效应显著，$F(3, 16) = 7.25$， $p < 0.001$， $\eta_p^2 = 0.28$；项目类型和电极点的交互作用显著，$F(3, 16) = 5.80$， $p = 0.002$， $\eta_p^2 = 0.24$；编码条件、项目类型和电极点的交互作用不显著，$F(1, 16) = 0.45$， $p = 0.72$。对项目类型和电极点的交互作用进行简单效应分析表明：在 P3

电极点上“旧的”平均波幅显著大于“新的”($p = 0.04$)；在 P1、P2、P4 电极点上“旧的”与“新的”平均波幅无显著差异($ps > 0.06$)，表明青年人在定义和造句条件下都存在左侧顶区新/旧效应。进一步对新/旧效应强度(“旧的”减去“新的”平均波幅)进行 2(编码条件：定义、造句)×4(电极点：P1、P2、P3、P4)重复测量方差分析，结果显示编码条件的主效应不显著，$F(1, 18) = 0.02$，$p = 0.89$。电极点的主效应显著，$F(3, 16) = 5.80$，$p = 0.002$，$\eta_p^2 = 0.24$。编码条件和电极点的交互作用不显著，$F(3, 16) = 0.45$，$p = 0.72$，结果表明青年人在定义和造句条件下的顶区新/旧效应强度没有显著差异。

对老年人在定义和造句条件下的顶区新/旧效应进行方差分析，结果发现：编码条件的主效应显著，$F(1, 19) = 5.36$，$p = 0.03$，$\eta_p^2 = 0.22$；项目类型和电极点的交互作用显著，$F(3, 17) = 4.80$，$p = 0.005$，$\eta_p^2 = 0.20$；编码条件、项目类型和电极点的交互作用不显著，$F(3, 17) = 1.37$，$p = 0.26$。对项目类型和电极点的交互作用进行简单效应分析表明：在 P3 电极点上“旧的”平均波幅显著大于“新的”($p = 0.02$)，在 P1、P2、P4 电极点上“旧的”与“新的”平均波幅无显著差异($ps > 0.08$)，表明老年人在定义和造句条件下都存在顶区新/旧效应。进一步对新/旧效应强度(“旧的”减区“新的”平均波幅)进行 2(编码条件：：定义、造句)×4(电极点：P1、P2、P3、P4)重复测量方差分析，结果发现编码条件的主效应不显著，$F(1, 19) = 0.001$，$p = 0.96$。电极点的主效应显著，$F(3, 17) = 4.80$，$p = 0.005$，$\eta_p^2 = 0.20$。编码条件和电极点的交互作用不显著，$F(3, 17) = 1.37$，$p = 0.26$，说明老年人在定义和造句条件下的顶区新/旧效应强度没有显著差异。这些结果说明青年人和老年人在两种编码条件下都存在左侧顶区新/旧效应且新/旧效应强度没有显著差异。

脑电结果表明，青年人和老年人在定义条件下缺失额区新/旧效应而造句条件下存在额区新/旧效应，在造句和定义条件都存在顶区新/旧效应且两种编码条件下的顶区新/旧效应强度没有显著差异。这些结果提示青年人和老年人在定义条件下的项目再认依赖于回想而缺少熟悉性过程。

3.3 讨论

实验 2 使用定义探究自上而下的一体化对项目再认及其相关脑电成分的影响。青年人在定义和造句条件下的联结再认成绩不存在显著差异，项目再认成绩也不存在显著差异。脑电结果发现定义和造句条件都存在顶区新/旧效应，但在额区新/旧效应上定义条件缺失而造句条件存在。青年人在一体化条件下通过较低的神经活动水平达到和非一体化条件同

等水平的记忆表现是一种促进作用，支持“只有收益”观点(Liu & Guo, 2019; Pilgrim et al., 2012)。

老年人在定义条件下的联结再认成绩显著高于造句条件，但是定义条件下的项目再认成绩显著低于造句条件。脑电结果发现定义和造句条件都存在顶区新/旧效应，但在额区新/旧效应上，定义条件缺失而造句条件存在。跟造句条件相比，定义条件促进老年人的联结再认成绩，但是损伤了项目再认成绩，在脑电上也减少了项目再认时基于熟悉性的神经活动水平，这支持了“收支平衡”的观点(Ahmad et al., 2015; Ahmad & Hockley, 2014)。

4 总讨论

本研究探究不同类型的一体化编码对青年人和老年人联结记忆任务中项目再认的影响。一体化编码和项目编码之间存在资源竞争和分配。相对于青年人，老年人的认知资源下降导致一体化联结编码和项目编码的资源竞争更明显。不同类型的一体化编码对认知资源的需求不同，自下而上的一体化需要较少的认知资源，而自上而下的一体化需要较多的认知资源，导致在不同类型的一体化编码条件下用于项目编码的认知资源存在差异，这可能对项目再认有不同的影响(刘泽军，郭春彦，2022； Tibon et al., 2017)。通过两个实验检验两种类型的一体化编码对青年人和老年人项目再认的影响，实验 1 使用复合词考察自下而上的一体化对项目再认及其相关脑电成分的影响，实验 2 使用定义考察自上而下的一体化对项目再认及其相关脑电成分的影响。研究发现对认知资源需求不同的一体化编码条件对项目再认的影响在青年人和老年人中表现出不同的模式。

4.1 一体化编码对青年人项目再认的影响：“只有收益”

实验 1 的行为结果表明青年人在复合词和无关词条件下联结再认成绩相当，可能是因为在复合词和无关词条件下青年人都能够利用回想进行联结再认(Craik, 1983; Park et al., 2002)，而且在两种编码条件下的项目再认成绩没有差异，显示自下而上的一体化编码并没有影响项目再认。脑电结果发现在项目再认时两种编码条件下额区新/旧效应强度无显著差异，但是在顶区新/旧效应强度上复合词显著小于无关词条件。额区新/旧效应和顶区新/旧效应分别反映熟悉性和回想过程(Rugg & Curran, 2007; Strozak et al., 2016)。脑电结果说明复合词条件下的项目再认减少了回想相关的神经活动强度。青年人在实验 2 的行为结果模式与实验 1 一致，在定义和造句条件下的联结再认成绩相当，而且在两种编码条件下的项目再认成绩相当，显示自上而下的一体化编码并没有影响项目再认。脑电结果显示在两种编

码条件下都存在顶区新/旧效应，但在额区新/旧效应上定义条件缺失而造句条件存在，表明自上而下的一体化在项目再认时缺少了熟悉性相关的神经活动强度。

青年人在两个实验的行为结果发现，与非一体化编码条件相比，两种类型的一体化编码方式并没有减少项目再认成绩，这与以往的研究结果相同(Liu & Wu, 2020; Liu & Guo, 2019; Parks & Yonelinas, 2015; Pilgrim et al., 2012)。Liu 和 Wu 等人（2020）、Pilgrim 等人(2012)分别用复合词和交互表象操纵一体化编码，行为结果都发现一体化和非一体化条件下的项目再认表现相当。本研究发现青年人在不同类型的一体化编码对项目再认的脑电成分影响不同：自下而上的一体化减少了顶区新/旧效应强度，而自上而下一体化缺少额区新/旧效应。和已有的研究结果一致，Liu 和 Wu 等人(2020)使用复合词操纵一体化编码，结果显示自下而上的一体化减少了项目再认时反映回想的顶区新/旧效应。Pilgrim 等人(2012)使用交互表象操纵一体化编码，结果发现自上而下一体化在项目再认时缺失反映熟悉性的额区新/旧效应。虽然在项目再认时两种一体化编码在脑电成分上表现出熟悉性或者回想的减少，但是项目再认可以依赖于熟悉性或者回想(刘泽军 等，2019; Tibon et al., 2017; Yonelinas, 2002）。因此，在行为表现上青年人无论在自下而上还是在自上而下的一体化编码条件下的项目再认都没有受到损伤。

与非一体化编码相比，自上而下和自下而上的一体化编码并没有减少青年人的项目再认成绩，但是减少了项目再认时熟悉性或者回想相关的神经活动水平。有研究认为被试可能通过较少的神经活动达到同等水平的项目再认成绩，支持了“只有收益”的观点(Liu & Guo, 2019; Liu & Wu, 2020)。青年人相较于老年人有足够的认知资源，不管在认知资源需求较少的自下而上的一体化编码条件下还是在认知资源需求较多的自上而下的一体化编码条件下，青年人仍然有剩余的认知资源用于项目编码。因此，对于青年人来说两种一体化编码条件下的一体化联结编码与项目编码之间不是此消彼长，而可能是相辅相成、互相促进的关系（赵春宇，郭春彦，2023），支持了“只有收益”的观点。

4.2 自下而上一体化编码对老年人项目再认的影响：“只有收益”

实验 1 的行为结果发现老年人在复合词条件下的联结再认成绩显著高于无关词条件，表现出一体化编码促进了老年人的联结记忆。在项目再认上也表现出促进作用，即在复合词条件下的项目再认显著好于无关词条件。脑电结果发现在复合词条件下既有额区新/旧效应又有双侧顶区新/旧效应，但是在无关词条件下只有左侧顶区新/旧效应，表明老年人在自下而上的一体化下进行项目再认既依赖于熟悉性又依赖回想的加工过程。

自下而上一体化促进老年人联结再认可能是因为老年人能够利用保存完好的熟悉性促进联结再认(Delhaye & Bastin, 2018; Nie & Wu, 2023; Quamme et al., 2007; Zheng et al., 2016)。Zheng 等人(2015)使用复合词和无关词操纵自下而上的一体化水平，行为结果发现在复合词条件下的联结再认成绩好于无关词条件，脑电结果发现老年人在复合词条件下存在额区新/旧效应，而无关词条件下缺失额区新/旧效应。这表明自下而上的一体化编码通过熟悉性提高老年人的联结再认成绩。利用老年人回想受损而熟悉性保存完好的特点，一体化编码为促进老年人的联结记忆提供了一种有效的方法。这提示把一体化编码应用到老年人的记忆训练可能是转化研究的一种有益尝试。

自下而上的一体化编码条件提高了项目再认成绩，脑电结果进一步说明项目再认既依赖于熟悉性又依赖于回想，支持了“只有收益”的观点(Ahmad et al., 2015; Ahmad & Hockley, 2014)。老年人在自下而上一体化条件下的项目再认表现为促进作用，可能与老年人保存完好的先验知识有关。尽管老年人的认知能力随着年龄的增长而下降，但是那些依赖于先验知识的记忆仍然保存完好，甚至表现出改善的趋势(Aghayan et al., 2021; Cabeza et al., 2018; Salthouse et al., 2010; Whatley & Castel, 2022)，表明老年人可以利用先验知识（图式）减少记忆损伤。在实验 1 自下而上一体化编码条件下，老年人能够利用预先存在的语义联系建立一体化编码，它占用较少的认知资源(Ahmad & Hockley, 2014; Rugg & Curran, 2007)，因此老年人更倾向于利用其先验知识进行一体化编码(Park et al., 2002；王余娟，李兵兵，2021)，剩余较多的认知资源用于项目编码，这增加了对每个项目的精细加工，从而表现出自下而上一体化对项目再认的促进作用。脑电结果发现自下而上一体化条件存在双侧顶区新/旧效应，但是在非一体化条件下只有左侧顶区新/旧效应，这可能表明老年人通过激活右侧顶区神经活动来补偿左侧半球加工能力的下降。与以往的研究结果一致，青年人在再认任务上只存在单侧化的顶区新/旧效应，而老年人表现出双侧顶区新/旧效应(Duverne et al，2009)。老年人能够针对记忆功能下降而发展出不同于青年人的神经通路来提高其认知成绩，这可能体现出一种神经补偿的作用(Cabeza et al., 2002；郑志伟 等，2022)。

4.3 自上而下一体化编码对老年人项目再认的影响：“收支平衡”

实验 2 的行为结果显示老年人在定义条件下的联结再认成绩显著高于造句条件，但在项目再认成绩上定义显著低于造句条件，这表明自上而下一体化提高了老年人的联结再认但损害了项目再认成绩。脑电结果发现定义和造句条件都存在顶区新/旧效应，但在额区新

/旧效应上，定义条件下缺失而造句条件下存在，说明定义条件下的项目再认缺失熟悉性的加工过程，可能依赖于回想过程。

自上而下一体化促进老年人联结再认成绩，这可能是因为老年人能够利用保存完好的熟悉性促进联结再认(Bastin et al., 2013; Lu et al., 2020; Quamme et al., 2007; 郑志伟 等，2015)。王宝玺(2014)使用定义和造句操纵自上而下的一体化水平，发现定义条件能够促进老年人的联结再认成绩。在脑电指标上发现了老年人在定义条件下有额区新/旧效应，而无顶区新/旧效应；与此相反，在造句条件下，无额区新/旧效应，而有顶区新/旧效应，这说明在定义条件下熟悉性能够支持联结再认。

老年人在自上而下的一体化条件下的项目再认上表现出削弱作用，在脑电上缺少熟悉性的贡献，依赖于回想过程，这一结果支持了“收支平衡”的观点(Parks & Yonelinas, 2015)。该结果与自下而上的一体化编码对老年人项目再认的影响相反，这可能是因为两种一体化编码的表征方式不同导致的。定义一体化编码条件下，被试需要提取两个项目中的特定信息整合成一个新的语义表征。例如，“陶瓷—棉花”被定义为“一种容易破碎的植物纤维”。被试需要对项目“陶瓷”的“易碎”特征和项目“棉花”的“植物纤维”的特性等信息整合成一个新的语义概念，这一过程需要花费较多的认知资源(刘泽军，刘伟，2022)，这导致个体需要在一体化联结编码和项目编码之间进行认知资源的分配。老年人由于认知资源下降，加剧了认知资源在联结编码和项目编码之间的竞争，剩余较少的认知资源用于项目编码，从而在自上而下的一体化编码条件下表现出项目再认的损伤。

5 结论

本研究从年龄群体认知资源容量的不同和不同类型的一体化编码对认知资源的需求量的差异来考虑一体化编码对单个项目记忆的影响。在青年人中，自下而上和自上而下的一体化条件下的项目再认和非一体化条件相当。由于行为成绩相当，一体化条件减少了熟悉性或回想相关的神经活动水平支持了“只有收益”的观点。由于青年人认知资源较多，无论是占用认知资源较少的自下而上一体化还是占用认知资源较多的自上而下一体化编码都不会影响项目再认。老年人的项目再认受到了不同一体化条件的影响。在自下而上的一体化条件下老年人通过“熟悉性”和“回想”过程表现出更好的项目再认成绩，支持了“只有收益”的观点。但在自上而下的一体化条件下缺少熟悉性的贡献导致项目再认成绩降低，支持了“收支平衡”的观点。一体化编码对老年人联结再认任务中的项目记忆是促进还是损害依赖于不同类型一体化编码对认知资源的需求情况。占用较少认知资源的自下而上的一体化

能够促进项目记忆，而占用较多认知资源的自上而下的一体化损害项目记忆。当前研究提示，为老年人选择一体化编码策略时，既要考虑老年人的记忆提取特点又要考虑一体化编码对认知资源的需求情况。

参考文献

Ahmad, F. N., Fernandes, M., & Hockley, W. E. (2015). Improving associative memory in older adults with unitization. *Aging Neuropsychology and Cognition, 22*(4), 452–472.

Ahmad, F. N., & Hockley, W. E. (2014). The role of familiarity in associative recognition of unitized compound word pairs. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 67*(12), 2301–2324.

Angel, L., Bastin, C., Genon, S., Balteau, E., Phillips, C., Luxen, A., Maquet, P., Salmon, E., & Collette, F. (2013). Differential effects of aging on the neural correlates of recollection and familiarity. *Cortex, 49*(6), 1585–1597.

Aghayan Golkashani, H. (2021). Schema-driven memory benefits boost transitive inference in older adults. *Psychology and Aging*, 36(4), 463–474.

Badham, S. P., Estes, Z., & Maylor, E. A. (2012). Integrative and semantic relations equally alleviate age-related associative memory deficits. *Psychology and Aging, 27*(1), 141–152.

Bastin, C., Diana, R. A., Simon, J., Collette, F., Yonelinas, A. P., & Salmon, E. (2013). Associative memory in aging: the effect of unitization on source memory. *Psychology and Aging, 28*(1), 275–283.

Cabeza, R., Albert, M., Belleville, S., Craik, F. I. M., Duarte, A., Grady, C. L., Lindenberger, U., Nyberg, L., Park, D. C., Reuter-Lorenz, P. A., Rugg, M. D., Steffener, J., & Rajah, M. N. (2018). Maintenance, reserve and compensation: The cognitive neuroscience of healthy ageing. *Nature Reviews Neuroscience*, *19*(11),701–710.

Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. *NeuroImage*, *17*(3), 1394–1402.

Castel, A. D., & Craik, F. I. M. (2003). The effects of aging and divided attention on memory for item and associative information. *Psychology and Aging, 18*(4), 873–885.

Craik, F. I. M. (1983). On the transfer of information from temporary to permanent memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, 302*, 341–359.

Delhaye, E., & Bastin, C. (2018). The impact of aging on associative memory for preexisting unitized associations. *Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition, 25*(1), 70–98.

Donaldson, D. I., & Rugg, M. D. (1998). Recognition memory for new associations: electrophysiological evidence for the role of recollection. *Neuropsychologia, 36*(5), 377–395.

Duverne, S., Motamedinia, S., & Rugg, M. D. (2009). Effects of age on the neural correlates of retrieval cue processing are modulated by task demands. *Journal of cognitive neuroscience*, *21*(1), 1–17.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. G. (2007). G*power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175−191.

Graf, P., & Schacter, D. L. (1989). Unitization and grouping mediate dissociations in memory for new associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 15*(5), 930‒940.

Guez, J., & Lev, D. (2016). A picture is worth a thousand words? Not when it comes to associative memory of older adults. *Psychology and Aging, 31*(1), 37‒41.

Hara, Y., & Naveh-Benjamin, M. (2015). The role of reduced working memory storage and processing resources in the associative memory deficit of older adults: simulation studies with younger adults. *Aging Neuropsychology and Cognition, 22*(2), 129‒154.

Kim, S. Y., & Giovanello, K. S. (2011). The effects of attention on age-related relational memory deficits: evidence from a novel attentional manipulation. *Psychology and Aging, 26*(3), 678‒688.

Liu, Z. J., & Guo, C. Y. (2019). Unitization improves item recognition through less overall neural processing. *Neuroreport, 30*(13), 882‒886.

Liu, Z. J., Wu, J., Wang, Y. J., & Guo, C. Y. (2020). Unitization does not impede overall item recognition performance: Behavioral and event-related potential study. *Neurobiology of Learning and Memory, 167*, 107130.

Liu, Z. J., & Guo,C. Y. (2021).Unitization could facilitate item recognition but inhibit verbatim recognition for picture stimuli:Behavioral and event-related potential study. *Psychological Research*, *85*(8), 2935‒2953.

Liu, Z. J., & Guo, C. Y. (2022). Effects of unitization on associative and item recognition: The "benefits-only" account. *Acta Psychologica Sinica*, *54*(12), 1443‒1454.

[刘泽军, 郭春彦. (2022). 整合对联结再认和项目再认的促进作用：“只有收益”观点. *心理学报*, *54*(12), 1443‒1454.]

Liu, Z. J., & Liu, W. (2022). Unitization improves associative memory: The role of familiarity and recollection processes. *Advances in Psychological Science*, *30*(10), 2240–2253.

[刘泽军, 刘伟. (2022). 一体化促进联结记忆的作用机制：熟悉性和回想加工. *心理科学进展*, *30*(10), 2240 - 2253.]

Liu, Z. J., Wang, Y. J., & Guo,C. Y. (2020). Under the condition of unitization at encoding rather than unitization at retrieval,familiarity could support associative recognition and the relationship between unitization and recollection was moderated by unitization-congruence. *Learning & Memory*, *27*(3), 104–113.

Liu, Z. J., Wang, Y. J., & Guo, C. Y. (2019). Investigating the item recognition in associative memory: A unitization perspective. *Advances in PsychologicalScience*, *27*(3), 490−498.

[刘泽军，王余娟，郭春彦．(2019)． 从整合的角度看联结记忆中的项目再认． *心理科学进展, 27*(03), 490－498．]

Lu, B., Liu, Z. J, Wang, Y., & Guo, C. Y. (2020). The different effects of concept definition and interactive imagery encoding on associative recognition for word and picture stimuli. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, *158*, 178–189.

Naveh-Benjamin, M. (2000). Adult age differences in memory performance: tests of an associative deficit hypothesis. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition, 26*(5), 1170–1187.

Nie, A., & Wu, Y. (2023). Differentiation of the contribution of familiarity and recollection to the old/new effects in associative recognition: Insight from semantic relation. *Brain sciences*, *13*(4), 553.

Old, S. R., & Naveh-Benjamin, M. (2008). Differential effects of age on item and associative measures of memory: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 23*(1), 104–118.

Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging, 17*(2), 299–320.

Parks, C. M., & Yonelinas, A. P. (2015). The importance of unitization for familiarity-based learning. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition, 41*(3), 881–903.

Pilgrim, L. K., Murray, J. G., & Donaldson, D. I. (2012). Characterizing episodic memory retrieval: electrophysiological evidence for diminished familiarity following unitization. *Journal of Cognitive Neuroscience, 24*(8), 1671–1681.

Quamme, J. R., Yonelinas, A. P., & Normani, K. A. (2007). Effect of unitization on associative recognition in amnesia. *Hippocampus, 17*(3), 192–200.

Rotello, C. M., Macmillan, N. A., & Reeder, J. A. (2004). Sum-difference theory of remembering and knowing: A two-dimensional signal-detection model. *Psychological Review, 111*(3), 588–616.

Rugg, M. D., & Curran, T. (2007). Event-related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Sciences, 11*(6), 251–257.

Salthouse, T. A. (2010). Selective review of cognitive aging. Journal of the International *Neuropsychological Society*, *16*(5), 754–757.

Semlitsch, H. V., Anderer, P., Schuster, P., & Presslich, O. (1986). A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts, applied to the P300 ERP. *Psychophysiology, 23*(6), 695–703.

Shao, H. Y., Opitz, B., Yang, J. J., & Weng, X. C. (2016). Recollection reduces unitised familiarity effect. *Memory, 24*(4), 535–547.

Strozak, P., Abedzadeh, D., & Curran, T. (2016). Separating the FN400 and N400 potentials across recognition memory experiments. *Brain Research, 1635*, 41–60.

Tibon, R., Gronau, N., Scheuplein, A. L., Mecklinger, A., & Levy, D. A. (2014). Associative recognition processes are modulated by the semantic unitizability of memoranda. *Brain and Cognition, 92*, 19–31.

Tibon, R., Gronau, N., & Levy, D. A. (2017). Associative unitization via semantic relatedness benefits episodic recognition of component elements. *PsyArXiv. Retrieved from https://osf.io/preprints/psyarxiv/cjxse/*

Tu, H. W., & Diana, R. A. (2021). The interaction of relational encoding and unitization: Effects on medial temporal lobe processing during retrieval. *Behavioural brain research*, *396*, 112878.

Wang, B. (2014). Definition-based Unitization Enhances Associative Memory in Older Adults: Its Cognitive Neural Correlates and Application, Ph.D. Dissertation. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences.

[王宝玺. (2014). *定义一体化促进老年人联结记忆—认知神经机制及其应用研究*（博士学位论文）. 中国科学院大学, 北京.]

Wang, T. H., de Chastelaine, M., Minton, B., & Rugg, M. D. (2012). Effects of age on the neural correlates of familiarity as indexed by ERPs. *Journal of Cognitive Neuroscience, 24*(5), 1055–1068.

Wang, Y., & Li, B. (2021) Effects of prior konwledge on associative recognition in older adults. *Chinese journal of gerontology*, *41*(4), 806–809.

[王余娟，李兵兵. (2021). 先前知识对老年人联结再认的促进作用. *中国老年学杂志*, *41*(4), 806–809.]

Whatley, M. C., & Castel, A. D. (2022). The role of metacognition and schematic support in younger and older adults' episodic memory. *Memory & cognition*, *50*(3), 601–616.

Wong, B. I., Lecompte, M., & Yang, L. X. (2021). The age-related associative deficit simulated by relational divided attention: encoding strategy and recollection. *Memory, 29*(3), 406–415.

Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language, 46*(3), 441–517.

Yonelinas, A. P., Aly, M., Wang, W. C., & Koen, J. D. (2010). Recollection and familiarity: examining controversial assumptions and new directions. *Hippocampus, 20*(11), 1178–1194.

Zhao, C. Y., & Guo, C. Y. (2023). The relationship between associative encoding and item encoding in the multiple-component character unitization and compound word unitization. *Acta Psychologica Sinica*, *55*(4), 513–528.

[赵春宇，郭春彦.(2023).合体字与复合词中联结编码和项目编码的关系. *心理学报*, *55*(04),513–528.]

Zhao, M. F., Zimmer, H. D., Fu, X., & Zheng, Z. (2020). Unitization of internal and external features contributes to associative recognition for faces: evidence from modulations of the FN400. *Brain research*, *1748*, 147077.

Zheng, Z. W., Li, J., & Xiao, F. Q. (2015). Familiarity contributes to associative memory: The role of unitization. *Advances in Psychological Science*, *23*(2), 202–212.

[郑志伟，李娟，肖凤秋.（2015）. 熟悉性能够支持联结记忆:一体化编码的作用.*心理科学进展* (02),202-212.]

Zheng, Z. W., Li, J., Xiao, F. Q., Broster, L. S., & Jiang, Y. (2015). Electrophysiological evidence for the effects of unitization on associative recognition memory in older adults. *Neurobiology of Learning and Memory, 121*, 59-71.

Zheng, Z. W., Li, J., Xiao, F. Q., Ren, W. C., & He, R. Q. (2016). Unitization improves source memory in older adults: An event-related potential study. *Neuropsychologia, 89*, 232–244.

Zheng, Z. W., Xiao, F. Q., Zhao, X. F., Huang ,Y., & J, Li. (2022). Neural mechanisms of successful episodic memory aging. *Advances in Psychological Science*, *30*(10), 2254–2268.

[郑志伟, 肖凤秋, 邵琦, 赵晓凤, 黄妍, 李娟. (2022). 情景记忆成功年老化的神经机制. *心理科学进展*, *30*(10), 2254–2268.]

The influence of different types of unitization strategies on the item recognition comprising the unitized association tasks in both younger and older adults

WANG Baoxi[1] WANG Xuejing[1] JIN Zhaohui [1,2] CHENG Chen[1] XIXANG Ling[1]

(1 *School of Psychology, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China*)

(2*The Party School of XPCC of C.P.C, Wujiaqu 831300, China*)

Abstract

This study used event related potential (ERP) technology to investigate the effects of different types of unitization on item recognition in both younger and older adults through two experiments. A total of two theoretical accounts concern the role of unitization in both item and associative recognition: “benefits and costs” and “benefits-only” accounts. This study hypothesized that because young adults have more cognitive resources, either type of unitization with different demands on cognitive resources does not impair their item memory. However, older adults have fewer cognitive resources, and whether different types of unitization impair their item memory depends on how these demand cognitive resources. Experiment 1 manipulated the level of bottom-up unitization by using compound words and unrelated words. Experiment 2 manipulated the level of top-down unitization using definition and sentence.

In experiment 1, a total of 19 community-dwelling older and 23 younger adults were asked to learn compound and unrelated word pairs, and during tests, they were asked to perform item recognition and associative recognition tasks. In experiment 2, a total of 19 community-dwelling older adults and 20 younger adults were asked to learn word pairs under definition and sentence conditions, and during the test they were required to perform item recognition and associative recognition tasks. In our sample of two experiments, all Older adults completed the mini mental state examination and scored at least 26 points

For younger adults, two types of unitization condition had no effect on their associative and item recognition. The ERP results of Experiment 1 revealed a comparable frontal old/new effect in both compound wordsand unrelated words condition, and the compound words condition reduced the parietal old/new effect. The ERP results of Experiment 2 indicated that the frontal old/new effect was absent in the definition condition, and both unitization conditions revealed a comparable

the parietal old/new effect. For older adults, two types of unitization enhanced their associative recognition, however, have different influence on the item recognition. The behavioral results of Experiment 1 showed that older adults' item recognition performance under the compound words condition was superior to that under the unrelated words condition. The ERP results indicated that the frontal old/new effect was only present in the compound words condition, and both encoding conditions revealed a comparable the parietal old/new effect. The behavioral results of Experiment 2 showed that older adults' item recognition performance under the definition condition was inferior to that under the sentence condition. The ERP results revealed that the frontal old/new effect was absent in definition condition and only present in the sentence condition, and both encoding conditions were found to have comparable parietal old/new effect.

The influence of unitization on the item recognition depends on the encoding types. For younger adults, the item recognition in both unitized encoding conditions were comparable to that in the non-unitized encoding. Equivalent levels of memory retrieval were achieved through "less" overall neural processing on familiarity or recollection, which supports the "benefits-only" account. For older adults, the bottom-up unitized encoding condition promotes item recognition relying on the frontal old/new effects, which supports the "benefits-only" account. The top-down unitized encoding condition impaired older adults' item recognition relying on the absent of the frontal old/new effects, which supports the "benefits and costs" account.
Keywords unitization, compound words, definition, aging